

ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE DIAMANTE DA REGIÃO DE POXORÉU, LESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO

Anésia Ribeiro VIANA ¹, José Manoel Carvalho MARTA¹, Rúbia Ribeiro VIANA ²,
Gislaine Amorés BATTILANI ², Tatiane Gomes SALLES ²

(1) Faculdade de Economia, Universidade Federal de Mato Grosso. Avenida Fernando Correa da Costa, S/N – Coxipo. CEP 78068-900. Cuiabá, MT. Endereços eletrônicos: anesiaviana@gmail.com; jmartha@ufmt.br

(2) Departamento de Recursos Minerais, Universidade Federal de Mato Grosso. Avenida Fernando Correa da Costa, S/N – Coxipo. CEP 78068-900. Cuiabá, MT. Endereços eletrônicos: rubia@cpd.ufmt.br; gislaine@ufmt.br; tatianegsalles@gmail.com

Introdução
Materiais e Métodos
Resultados
 Descrição dos Depósitos
 Estudos Granulométricos
 Estudos Macroscópicos e Microscópicos
 Análise Geoquímica
Discussão dos Resultados
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Estudos em rejeitos de garimpos de diamantes foram desenvolvidos na região de Poxoréu, visando sua aplicação como areia industrial. A região de Poxoréu está em estagnação econômica desde o declínio das atividades garimpeiras, iniciada na década de 1920, gerando grande quantidade de rejeitos disposta desordenadamente, cobrindo uma vasta porção das bacias dos rios Poxoréu e Alto Coité. Os estudos constaram da análise granulométrica e geoquímica de 11 amostras selecionadas por mostrarem boa representatividade. Os estudos granulométricos sugeriram que a maioria das amostras pode ser utilizada tanto na indústria de fundição, quanto na fabricação vidro. Os dados geoquímicos apontaram que todas as amostras podem ser utilizadas pela indústria de construção civil. Com exceção de duas amostras, cujo teor de TiO_2 ultrapassa os limites das especificações ABNT, as demais podem ser utilizadas nas indústrias de vasilhame e fundição, após submissão a tratamentos para remoção de ferro e alumínio. Outra aplicação dos rejeitos analisados seria na indústria de vidro, uma vez que apresentaram baixas concentrações de titânio, magnésio, manganês, cromo, potássio, sódio e cálcio, além dos aspectos granulométricos mencionados. Pesquisas voltadas à prospecção de ouro são sugeridas, uma vez que as análises geoquímicas mostraram a presença deste elemento em quase todas as amostras.

Palavras-chave: garimpo de diamante, rejeitos, Poxoréu-MT, estudos granulométricos e geoquímicos, areia industrial.

ABSTRACT – A.R. Viana, J.M.C. Marta, R.R. Viana, G.A. Battilani, T.G. Salles - Study of diamond recovery tailings from Poxoréu region, east of Mato Grosso State. Studies on diamond mining tailing from the region of Poxoréu, were performed, aiming their application as industrial sand. The Poxoréu region is in economic stagnation since the decline of diamond exploration, which began in the 1920s. These activities generated large amounts of tailing, which was disposed haphazardly, covering a vast portion of the basins of the Poxoréu and Alto Coité rivers. This study consisted of granulometric and geochemical analysis of 11 samples selected that showed good representation for the area. Granulometric studies suggested that most samples can be used both in the foundry industry, as in glass manufacturing. The geochemical data showed that all samples may be used by the construction industry. With the exception of two samples, whose TiO_2 content exceeds the limits of the specifications ABNT, the others can be used in the industries of glass container and foundry, after undergoing treatment for removal of iron and aluminum. Another application of the material analyzed would be considered for use in glass industry, since they showed low concentrations of titanium, magnesium, manganese, chromium, potassium, sodium and calcium, outside granulometric aspect mentioned. Research focused on prospecting for gold are suggested, since the geochemical analysis showed the presence of this element in almost all samples.

Keywords: diamond mine, tailing, Poxoreu-MT, granulometric and geochemical studies, industrial sand.

INTRODUÇÃO

A atividade garimpeira na região de Poxoréu teve início na década de 1920, de modo totalmente desordenado. Com a introdução das dragas nas décadas de 40 a 60 a desordem foi acentuada e os problemas ambientais aumentaram consideravelmente. Este fato vem se agravando até os dias atuais, pois embora as

jazidas estejam praticamente exauridas, garimpos artesanais persistem e constituem uma importante fonte de renda para a população de Poxoréu e Alto Coité. Além do assoreamento de córregos e rios da região, a extração diamantífera na área gerou grandes pilhas de rejeitos intensificando os problemas de caráter

ambiental. Estes rejeitos, além de causarem grandes impactos ambientais também geram impactos visuais descaracterizando a morfologia da região.

Este trabalho mostra os resultados de caracterização química e mineralógica dos rejeitos provenientes da extração de diamantes dos depósitos aluvionares da região de Poxoréu (Figura 1), visando direcioná-los a um aproveitamento econômico, principalmente na forma de matéria-prima para a produção de areia industrial.

As areias industriais recebem suas denominações em função de suas aplicações na indústria, determinadas pelas suas características e propriedades, tais como, teor de sílica, pureza, composição química, teor de óxidos de ferro, álcalis, matéria orgânica, perda ao fogo, umidade, distribuição granulométrica, forma

dos grãos e teor de argila (Azevedo & Ruiz, 1990). No que diz respeito à química ideal de uma amostra, as principais especificações técnicas referem-se aos teores de: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO_2 , MgO , CaO , TiO_2 e ZrO_2 . Quando se trata de usos específicos, tais como esmalte, fibra de vidro e cristal os teores de Cr_2O_3 , Na_2O e K_2O devem também ser considerados (Ferreira & Daitx, 2000). No Brasil, cerca de 60-65% são destinados à fabricação de vidro (incluídos cerca de 5% em cerâmica); 30% em fundição e outros usos com 5% do consumo (Luz & Lins, 2005), enquanto que, por exemplo, nos EUA, a indústria de vidro responde apenas por 38% do consumo de areia industrial, seguindo-se a fundição com 20%, fraturamento hidráulico e abrasivo com 5% cada e 32% em outros usos (USGS, 2004).

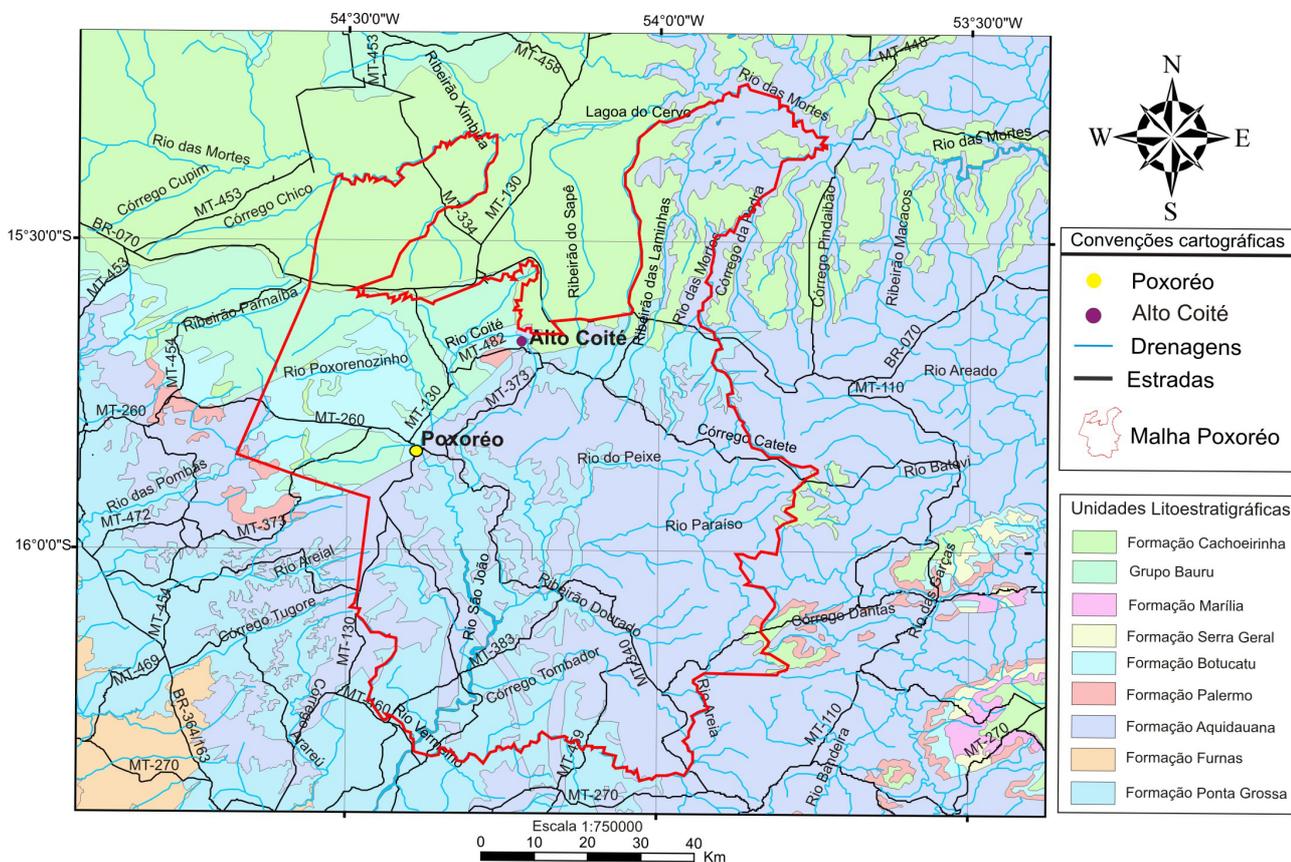


FIGURA 1. Mapa de situação da área de estudo (modificado de CPRM, 2004).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos de campo desenvolvidos no município de Poxoréu concentraram-se em duas áreas distintas: a primeira localizada nos arredores do vilarejo de Alto Coité, denominada de área do Patrimônio e, a segunda, nos limites da Fazenda Primavera, que dista aproximadamente 10 km da primeira.

Durante os trabalhos de campo procurou-se caracterizar as pilhas de rejeito, fez-se o levantamento de um perfil e foram coletadas 22 amostras, das quais 11 foram selecionadas para os estudos granulométricos e geoquímicos (Ap-01, Ap-02, Ap-03, Ap-05, Ap-07, Ap-08, Ap-09, Ap-10, Ap-11). As amostras

Ap-3 e Ap-11 foram coletas em níveis específicos do perfil levantado em campo e as demais foram coletadas aleatoriamente em pilhas de rejeito.

Os estudos de caracterização foram desenvolvidos nos laboratórios de sedimentologia e Multiusuário de Técnicas Analíticas (LAMUTA) do Departamento de Recursos Minerais de UFMT. Estes estudos constaram de análises granulométrica, macroscópica e microscópica e geoquímica com vistas ao aproveitamento desses rejeitos como areia industrial. Os estudos granulométricos envolveram desagregação, peneiramento e lavagem

para remoção da argila. Nos estudos geoquímicos foram utilizadas amostras “*in natura*”, amostras peneiradas e lavadas e amostras de argila. Estes estudos foram realizados através da fluorescência de raios-X por energia dispersiva (XRF) EDX-700HS da marca Shimadzu para determinação de elementos maiores, menores e alguns traços. As análises foram realizadas em vácuo com colimador de 10 mm, pelo método Quali-Quant FP. Utilizaram-se duas aquisições por amostra para quantificação dos elementos químicos do (i) Na e Sc e (ii) Ti e U, tendo cada aquisição duração de 5 minutos.

RESULTADOS

DESCRIÇÃO DOS DEPÓSITOS

Os trabalhos de campo permitiram constatar que as duas áreas estudadas mostram similaridades, pois ambas são constituídas por depósitos recentes, de terraço, e também de cascalheira, o que está de acordo com as descrições de Souza (1991, segundo Schobbenhaus et al., 1991) para outros depósitos da região. Ambas as áreas foram intensamente trabalhadas por garimpeiros, encontram-se muito degradadas com a presença de rejeitos empilhados aleatoriamente em diferentes porções, inclusive às margens de córregos e rios, além de depressões causadas pela remoção de material por dragas e/ou retro-escavadeiras (Prancha 1). O rejeito foi acondicionado de forma desordenada em pilhas que apresentam mistura de sedimentos de diferentes granulometrias, variando de seixos de até 50 cm de diâmetros associados a seixos menores misturados a areia e argila, caracterizando depósitos mal selecionados, com predomínio da fração areia. Os seixos são representados por fragmentos de rochas (principalmente arenitos), quartzo, sílex e outros, mostrando predominância de seixos com formas subarredondadas. As frações inferiores (areia e silte) são compostas principalmente por grãos de quartzo com pouca contribuição de feldspato e fragmentos de rocha, além de turmalina, rutilo, ilmenita, titanita, limonita, coríndon, zircão, minerais opacos e outros de rara ocorrência, como é o caso de apatita e granada.

O perfil levantado nas bordas do Rio Areia permitiu verificar, da base para o topo, um nível de areia intensamente compactado (denominado piçarra na linguagem garimpeira), de cor amarela-avermelhada, seguida por uma camada de areia/cascalho mineralizada com cerca de 1,50 m e, recobrimo este nível ocorre uma camada de cascalho de cerca de 40 cm de espessura composta por seixos de até 20 cm de diâmetros representados por fragmentos de rochas, quartzo e sílex. A maioria dos grãos são subarredondados e, subordinadamente, arredondados ou angulosos. A

camada de topo apresenta cerca de 20 cm de solo e é composta por matéria orgânica e areia.

ESTUDOS GRANULOMÉTRICOS

Os estudos granulométricos visaram à caracterização do grau de arredondamento, angulosidade e selecionamento dos grãos de areia, uma vez que estes parâmetros são importantes para direcionar os rejeitos a usos específicos e apropriados.

A Tabela 1 apresenta o peso e a porcentagem de cada fração obtida nas amostras estudadas. Na Figura 2 é mostrada a distribuição granulométrica acumulada das amostras, evidenciando que nas amostras Ap2, Ap8 e Ap11 prevalecem as frações acima de 2 mm, enquanto nas demais ocorre o inverso. Observa-se também que a distribuição granulométrica concentra-se em duas modas, uma variando de 9,52 a 2,00 mm e a outra de 0,5 a 0,062 mm.

A Tabela 2 mostra os resultados do grau de arredondamento das amostras em relação à esfericidade, evidenciando a predominância das frações concentradas nos limites de alta esfericidade na maioria das amostras. A amostra Ap2 é a única a mostrar inversão quanto ao grau de esfericidade, ou seja, nesta amostra prevalecem grãos de baixa esfericidade. Na amostra Ap7 as proporções de grãos com alta e baixa esfericidade são aproximadamente iguais.

Quanto ao grau de arredondamento e selecionamento observou-se predominância dos grãos angulosos sobre os arredondados nas frações maiores, enquanto nas frações menores, abaixo de 0,125 mm, predominam grãos mais arredondados.

ESTUDOS MACROSCÓPICOS E MICROSCÓPICOS

A análise macroscópica mostrou que os depósitos aluvionares estudados são constituídos por diferentes formas de sílica (quartzo, calcidônia, opala, chert) fragmentos de rochas, óxidos (possivelmente goetita, ilmenita, limonita), raros grãos de granada e de safira.



PRANCHA 1. Imagens de campo, mostrando diferentes aspectos das áreas exploradas por garimpeiros manuais e mecanizados. (a) Vista geral de área retrabalhada. (b) Antiga cata abandonada na área da Fazenda Primavera e transformada em criatório de peixe. (c) Antiga cata abandonada nas margens do Córrego Coité, na área da reserva garimpeira. (d) Área em exploração por draga. (e) Margem do Rio Coité, explorada por garimpeiros. (f) Pedreira instalada nas imediações de área da reserva garimpeira e que trabalha com material oriundo dos garimpos. (g) Cata antiga. Observar a ausência de selecionamento granulométrico. (h) Garimpagem manual.

A análise da fração areia média a grossa, realizada com lupa binocular mostrou que esta fração é composta por quartzo, opala, turmalina, rutilo, minerais opacos (ilmenita e magnetita), zircão, carbonato, topázio e feldspato, além de pequenos fragmentos de rochas. Mineralogia idêntica foi observada ao microscópio para as frações areia fina a silte. Estes estudos permitiram identificar que também que grau de arredondamento dos grãos presentes nas frações menores é maior que o observado para as frações mais grossas.

ANÁLISE GEOQUÍMICA

Uma análise extremamente importante no estudo de caracterização de areia para uso industrial é a análise química, pois para cada tipo de aplicação existem normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que devem ser respeitadas.

Os resultados das análises químicas obtidos para o material *in natura*, fração areia (1,19 e 0,50 mm) e para a fração argila são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 respectivamente.

TABELA 1. Resultados dos estudos granulométricos em massa, porcentagem simples(simp) e acumulada (acum).

Amostras	Ap1			Ap2			Ap3			Ap5			Ap7
	massa (g)	% simp	% acum	massa (g)	% simp	% acum	massa (g)	% simp	% acum	massa (g)	% simp	% acum	massa (g)
> 9,52	332,5	5,72	5,72	0	0	0	132,4	5,99	5,99	0	0	0	0
9,52	708,4	12,18	17,9	1057,2	17,51	17,51	158,3	7,17	13,16	7,2	0,19	0,19	980,5
4,76	733,3	12,61	30,5	1341,5	22,21	39,72	86,6	3,92	17,08	16,3	0,42	0,6	230,1
2	609,8	10,48	40,99	1861,4	30,82	70,54	177,8	8,05	25,13	291,4	7,5	8,1	190,2
1,68	109,4	1,88	42,87	175,2	2,9	73,44	39	1,77	26,89	114,9	2,96	11,06	41,9
1,41	56,45	0,97	43,84	59,8	0,99	74,43	21,6	0,98	27,87	51,7	1,33	12,39	18,1
1,19	50,7	0,87	44,71	33,4	0,55	74,99	19,6	0,89	28,76	59,8	1,54	13,93	20
1	94,7	1,63	46,34	31,3	0,52	75,51	26,6	1,2	29,96	70,6	1,82	15,75	9,8
0,71	151,57	2,61	48,94	61,3	1,02	76,52	62,8	2,84	32,81	173,9	4,48	20,22	143,3
0,5	330,1	5,68	54,62	110,9	1,84	78,36	114,9	5,2	38,01	452,1	11,63	31,86	270
0,25	1551,2	26,67	81,29	557,2	9,23	87,58	522,9	23,67	61,68	1429	36,77	68,63	2045,4
0,125	595	10,23	91,52	502	8,31	95,9	638,9	28,92	90,6	937,4	24,12	92,75	1288
0,062	459,01	7,89	99,41	205,9	3,41	99,31	191,7	8,68	99,28	237,7	6,12	98,87	201,2
< 0.062	34,28	0,59	100	41,9	0,69	100	16	0,72	100	43,9	1,13	100	21,4
P. Total	5816,41			6039			2209,1			3885,9			5459,9

Amostras	Ap7		Ap8		Ap9		Ap10		Ap11					
	% simp	% acum	massa (g)	% simp	% acum	massa (g)	% simp	% acum	massa (g)	% simp	% acum			
> 9,52	0	0				534,7	12,27	12,27		699	17,74	17,74		
9,52	17,96	17,96	239,5	4,23	4,23	0	0	12,27	106,2	12,23	12,23	772,9	19,61	37,35
4,76	4,21	22,17	1159	20,49	24,73	34,1	0,78	13,06	103,6	11,93	24,16	949,2	24,09	61,44
2	3,48	25,66	2313,3	40,9	65,63	619,6	14,22	27,28	57,8	6,66	30,82	816,2	20,71	82,15
1,68	0,77	26,42	149,6	2,65	68,27	116,5	2,67	29,95	10,2	1,17	31,99	179,6	4,56	86,71
1,41	0,33	26,76	77,5	1,37	69,64	59,5	1,37	31,32	7,8	0,9	32,89	79,2	2,01	88,72
1,19	0,37	27,12	95,1	1,68	71,33	31,1	0,71	32,03	5,4	0,62	33,51	42,4	1,08	89,8
1	0,18	27,3	32,6	0,58	71,9	103	2,36	34,4	4	0,46	33,97	21,2	0,54	90,33
0,71	2,62	29,93	28,8	0,51	72,41	148,1	3,4	37,79	14,9	1,72	35,69	10,6	0,27	90,6
0,5	4,95	34,87	101,3	1,79	74,2	402,8	9,25	47,04	47,1	5,42	41,11	21,8	0,55	91,16
0,25	37,46	72,33	980,7	17,34	91,54	1344,4	30,86	77,9	262,5	30,23	71,35	87,4	2,22	93,37
0,125	23,59	95,92	373,8	6,61	98,15	670,5	15,39	93,29	202,5	23,32	94,67	176,6	4,48	97,86
0,062	3,69	99,61	89	1,57	99,72	242,1	5,56	98,85	34,8	4,01	98,68	74,1	1,88	99,74
< 0.062	0,39	100	15,6	0,28	100	50,3	1,15	100	11,5	1,32	100	10,4	0,26	100
P. Total			5655,8	100		4356,7	100		868,3	100		3940,6	100	

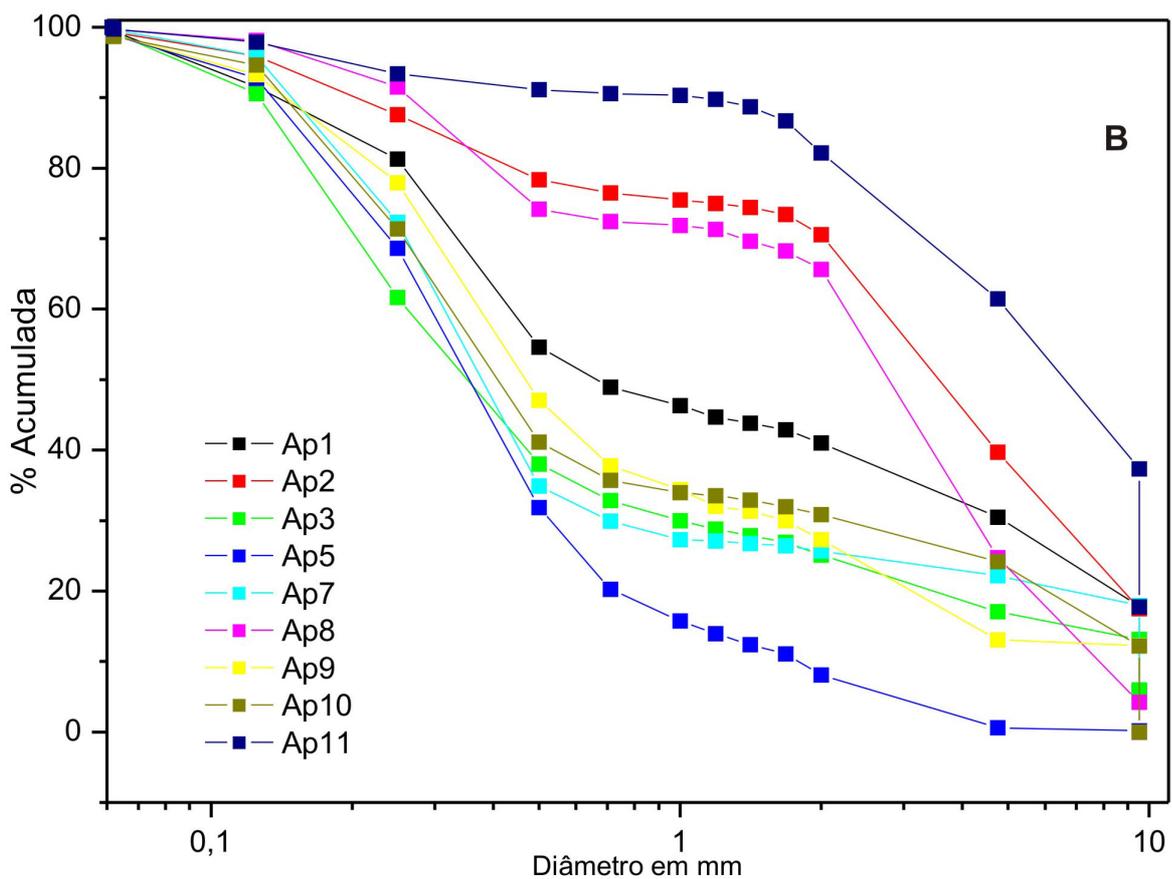
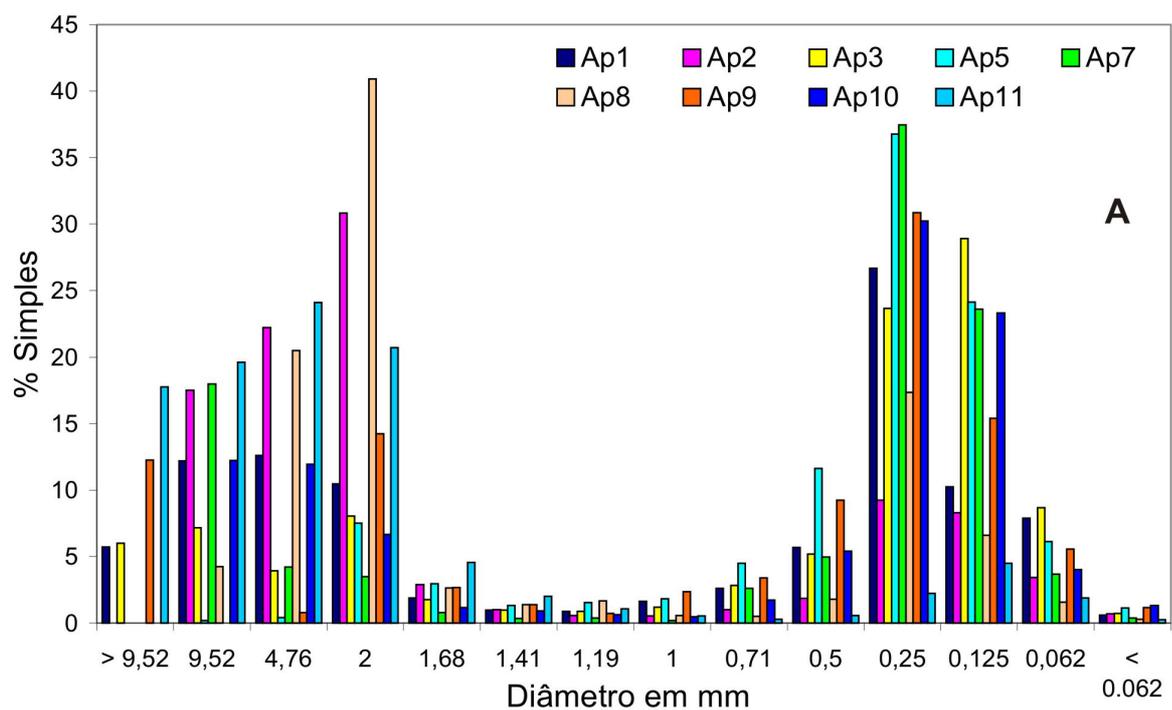


FIGURA 2. A. Histograma das distribuições granulométricas, mostrando a existência de duas modas distintas. B. Variabilidade granulométrica acumulada das amostras estudadas.

TABELA 2. Caracterização quanto ao grau de esfericidade das amostras da região de Alto Coité.

Alta Esfericidade						
	Angular	Sub-angular	Arredondado	Sub-arredondado	Bem arredondado	Total
AP1	134	206	62	182	9	593
AP2	58	41	26	50	8	183
AP3	157	126	83	145	6	517
AP5	79	144	154	162	55	594
AP7	21	155	59	114	23	372
AP8	169	92	91	91	17	460
AP9	134	201	100	132	21	588
AP10	134	179	55	129	8	505
AP11	98	141	123	72	33	467
Baixa Esfericidade						
AP1	42	27	13	22	3	107
AP2	93	132	118	147	27	517
AP3	64	57	36	22	4	183
AP5	25	20	23	24	14	106
AP7	63	132	58	73	2	328
AP8	111	38	36	55	0	240
AP9	19	37	24	30	2	112
AP10	125	55	5	10	0	195
AP11	88	70	47	24	4	233

TABELA 3. Resultados de análises químicas das amostras *in natura* dada em % peso.

Amostras	Ap-01	Ap-02	Ap-03	Ap-05	Ap-07	Ap-08	Ap-09	Ap-10	Ap-11	σ médio
SiO ₂	96.385	93.390	96.132	95.500	97.306	93.891	95.323	94.338	95.383	0.101
Al ₂ O ₃	1.774	3.282	1.889	3.395	1.320	3.214	3.346	2.716	1.772	0.037
Fe ₂ O ₃	1.510	2.938	1.529	0.474	1.045	2.029	0.626	2.395	2.295	0.006
TiO ₂	0.066	0.162	0.108	0.276	0.073	0.113	0.289	0.142	0.15	0.005
MnO	nd	nd	nd	nd	nd	0.024	0.014	nd	0.024	0.002
MgO	nd	nd	nd	nd	nd	0.345	nd	nd	nd	0.038
K ₂ O	0.033	0.047	0.082	0.107	0.062	0.061	0.17	0.142	0.116	0.004
CaO	nd	nd	nd	nd	0.021	0.085	nd	0.062	0.087	0.003
ZrO ₂	0.041	0.033	0.044	0.084	0.051	0.006	0.093	0.015	0.025	0.000
Au ₂ O	0.032	nd	0.039	0.017						
V ₂ O ₅	nd	0.034	nd	0.024	nd	nd	nd	0.032	nd	0.003
SO ₃	0.159	0.115	0.163	0.141	0.123	0.177	0.14	0.158	0.11	0.006

nd= não detectado.

TABELA 4. Resultados de análises químicas das amostras na fração 1,19 mm dada em % peso.

Amostras	Ap-01	Ap-02	Ap-03	Ap-05	Ap-07	Ap-08	Ap-09	Ap-10	Ap-11	σ médio
SiO ₂	94,503	92,827	95,370	95,401	94,581	96,084	95,450	77,579	92,724	0,099
Al ₂ O ₃	2,423	3,929	2,532	2,696	2,804	2,429	2,466	3,577	3,383	0,030
Fe ₂ O ₃	1,085	1,560	0,755	0,738	1,027	0,395	0,910	3,850	1,588	0,013
TiO ₂	nd	0,122	nd	nd	0,060	nd	nd	0,263	0,171	0,003
MgO	nd	0,000								
MnO	nd	nd	nd	nd	nd	0,035	nd	nd	0,022	0,002
K ₂ O	0,045	0,064	0,050	0,100	0,043	0,087	0,096	0,146	0,201	0,003
CaO	nd	0,130	0,098	0,006						
ZrO ₂	nd	0,012	0,005	0,004	0,010	nd	0,007	nd	0,009	0,010
Au ₂ O	0,013	0,004	0,014	0,006	nd	0,013	0,004	0,009	0,007	0,001
V ₂ O ₅	nd	0,034	0,021	0,004						
Cr ₂ O ₃	nd	0,000								
SO ₃	0,382	0,305	0,347	0,323	0,324	0,416	0,335	0,287	0,294	0,006
P ₂ O ₅	nd	0,000								
LOI	1,068	0,926	0,444	0,475	0,654	0,130	nd	13,608	1,154	0,000

LOI = perda ao fogo; nd= não detectado.

TABELA 5. Resultados de análises químicas das amostras na fração 0,5 mm dada em % peso.

Amostras	Ap-01	Ap-02	Ap-03	Ap-05	Ap-07	Ap-08	Ap-09	Ap-10	Ap-11	σ médio
SiO ₂	95,008	90,892	96,642	96,462	96,221	96,219	96,462	95,795	81,438	0,099
Al ₂ O ₃	2,513	6,086	2,468	2,405	2,468	2,774	2,436	2,675	6,242	0,034
Fe ₂ O ₃	0,329	0,710	0,165	0,221	0,300	0,150	0,293	0,397	4,532	0,005
TiO ₂	0,049	0,204	nd	nd	nd	0,034	nd	0,083	0,656	0,005
MgO	nd	0,656	0,036							
MnO	nd	0,040	0,002							
K ₂ O	nd	0,068	0,026	0,051	0,034	0,031	0,057	0,076	0,251	0,003
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,028	0,051	0,567	0,001
ZrO ₂	0,009	0,016	0,005	nd	0,003	0,004	0,004	0,006	0,011	0,000
Au ₂ O	0,004	0,004	0,006	0,005	0,007	0,004	0,005	0,010	0,006	0,001
V ₂ O ₅	nd	0,028	0,004							
Cr ₂ O ₃	nd	0,000								
SO ₃	0,388	0,273	0,334	0,318	0,335	0,331	0,331	0,304	0,264	0,006
P ₂ O ₅	nd	0,000								
LOI	1,341	1,463	0,059	0,221	0,307	0,165	0,056	0,384	4,776	0,000

LOI = perda ao fogo; nd= não detectado.

TABELA 6. Resultados de análises químicas das amostras na fração argila.

Amostras	Ap-01	Ap-02	Ap-03	Ap-05	Ap-07	Ap-08	Ap-09	Ap-10	σ médio
SiO ₂	91,656	65,033	92,088	87,382	78,000	83,751	69,942	57,789	0,115
Al ₂ O ₃	2,569	21,458	5,157	5,868	11,080	8,264	12,209	13,608	0,072
Fe ₂ O ₃	0,968	3,694	0,839	1,672	3143	2,221	6,633	16,335	0,011
TiO ₂	0,062	1025	0,384	0,866	1,993	1,750	2,538	1,975	0,016
MgO	0,258	0,258	nd	nd	nd	nd	0,979	2,526	0,044
MnO	nd	nd	nd	0,016	0,032	0,046	0,085	0,142	0,002
K ₂ O	nd	0,201	0,228	0,199	0,199	0,665	0,764	0,759	0,007
CaO	nd	nd	0,026	0,032	nd	nd	0,599	1,323	0,007
ZrO ₂	nd	0,109	0,096	0,231	0,901	0,592	0,342	0,027	0,002
Au ₂ O	0,006	nd	nd	nd	nd	0,004	nd	nd	0,001
V ₂ O ₅	nd	nd	0,058	nd	nd	nd	nd	nd	0,004
Cr ₂ O ₃	nd	0,021	0,003						
SO ₃	0,301	0,041	0,113	nd	nd	0,261	0,098	nd	0,007
P ₂ O ₅	nd	nd	nd	nd	0,104	0,182	nd	nd	0,015
LOI	3,902	8,177	1,009	3,733	4,536	2,063	5,812	5,482	

LOI = perda ao fogo; nd= não detectado.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

São muitas as aplicações de areia para o uso em vários setores da indústria, dentre eles os mais relevantes no Brasil são indústrias de vidro, cerâmica, vasilhame, construção civil, etc. Para cada uso específico existem normas que regulamentam desde a faixa granulométrica, formas de grãos além de composição química e da presença de impurezas. Além das normas técnicas que regulamentam o uso das areias, vários são os trabalhos de cunho científico que abordam o assunto, dentre eles podem ser citados os trabalhos de Barbosa & Porphírio (1993), Zdunczyk & Linkous (1994), Nava (1997), Ferreira & Daitx (2000, 2003), Luz & Lins (2005).

Referente ao tamanho dos grãos, Ferreira & Daitx (2000), mostraram que as características típicas de areia de quartzo para a indústria cerâmica estão posicionadas nas faixas granulométricas entre 30 e 140 malhas (0,60 a 0,105 mm). O material silte-argiloso (fração inferior a 0,062 mm) é uma fonte de contaminação de alumínio, ferro e álcalis (determinados pelos ensaios geoquímicos), e, portanto sua presença é indesejável nos materiais selecionados para fabricação de areias industriais. Ainda segundo esses autores a fração silte-argilosa pode representar no máximo 20% do minério e constitui um dos principais problemas ambiental, pois é depositada em grandes bacias de decantação ou despejada diretamente nos córregos e rios, causando assim o assoreamento dos mesmos.

As principais especificações químicas, para os diferentes usos industriais da areia referem-se aos teores de SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO₂, MgO, CaO, TiO₂ e ZrO₂, além dos teores de Cr₂O₃, Na₂O e K₂O que devem ser considerados, em função da aplicabilidade da areia.

Os padrões estabelecidos para areia industrial na construção civil de acordo com a norma NBR-7200/82 são: (i) pureza, cujo teor do material na fração inferior a 0,09 mm não deve ultrapassar a 5% em peso; (ii) granulometria, areias com faixa granulométrica inferior a 0,2 mm devem representar de 10% a 25% do peso total e; (iii) forma das partículas, onde as partículas arredondadas e esféricas são mais favoráveis que os grãos achatados ou longos (Ferreira & Daitx, 2000).

Para fabricação de vidros, os grãos angulares são mais favoráveis ao processo de produção, pois a fusão se inicia nas pontas e arestas dos grãos (Nava, 1997). Em relação à química, a areia deve apresentar um teor elevado de SiO₂ (98,5% - vidro comum e > 99% - vidro plano), baixo teor de Fe₂O₃ (0,08% para vidro plano, 0,1% para fibra de vidro e 0,3% para vasilhames de vidro colorido e de material refratário), além de um controle rígido nas percentagens de Al₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, ZrO₂ e Cr₂O₃ e elementos tais como cobre, níquel e cobalto, que mesmo em níveis de traços, são indesejáveis por produzirem cores e defeitos no vidro, tornando-o inaceitável no mercado (Harben &

Kuzvart, 1996). Ferreira & Daitx (2003) acusam que a presença de zircão, ilmenita, magnetita, turmalina, além de feldspato, óxidos de ferro e manganês, etc. são os minerais que mais contribuem para o aumento do teor de contaminantes, tais como ferro, manganês e titânio para a produção de vidro.

Para a indústria de fundição a areia deve ser livre de argilas, apresentar alto teor de sílica (>98%), e baixos teores de CaO e MgO (Zdunczyk & Linkous, 1994) e a distribuição granulométrica deve ser estreita com grãos apresentando alta esfericidade. A areia usada na indústria de abrasivo e jateamento, deve apresentar cerca de 99,5% de SiO₂, 0,10% de Al₂O₃, 0,025% de Fe₂O₃ e distribuição granulométrica entre 0,053 mm e 0,42 mm (Ferreira & Daitx, 2000).

Considerando os padrões estabelecidos pela indústria de fundição, ou seja, grãos com alta esfericidade e granulometria variando entre aproximadamente 1,00 e 0,07 mm, a análise dos resultados dos estudos granulométricos das amostras provenientes da região de Alto Coité e Poxoréu mostraram que as amostras Ap2, Ap8 e Ap11, não satisfazem estas exigências (Figura 02). As demais amostras podem ser utilizadas pela indústria de fundição, uma vez que a maior concentração de grãos com alta esfericidade posiciona-se na faixa granulométrica estabelecida como ideal para este fim.

As análises químicas do material *in natura* (Tabela 3) revelaram altos valores de SiO₂, cujos teores ultrapassam 95% na maioria das amostras e baixas concentrações de Al₂O₃ e Fe₂O₃, principais contaminantes destas amostras.

As análises realizadas na fração 0,50 mm (Tabela 5) revelaram que as amostras Ap2 e Ap11 mostram menores percentagens de SiO₂ e elevadas percentagens de Al₂O₃ e Fe₂O₃, comportamento este observado também na concentração de H₂O, o que pode refletir a presença de maior quantidade de argilominerais provavelmente agregado aos grãos da fração areia. Na fração 1,19 mm (Tabela 4) observou-se o mesmo comportamento, que se repete também para a amostra Ap10, sendo que, nesta amostra o conteúdo de água é muito elevado. Os demais elementos analisados mostram comportamento geoquímico

semelhante para todas as amostras e frações. A análise química da fração argila (Tabela 6) mostrou comportamento similar, devendo-se destacar que a amostra Ap2 apresenta alto conteúdo de Al₂O₃, enquanto a amostra Ap11, apresenta altas concentrações de Fe₂O₃, implicando na presença de argilominerais e óxido de ferro, respectivamente.

Na amostra Ap3, coletada num nível mais de topo do perfil levantado, foi observado maior conteúdo de silício e menor em ferro, potássio, manganês, magnésio e cálcio, o que pode estar relacionado à presença de menor quantidade da fração silte-argila nesse nível. Comportamento oposto é observado na amostra Ap11, coletada no nível mais basal do perfil, o que já era esperado, uma vez que esta amostra apresenta maior percentagem de material mais argiloso e de impurezas (principalmente, minerais pesados).

Considerando os resultados geoquímicos das amostras e tomando por base as especificações brasileiras apresentadas por Luz & Lins (2005), todas as amostras podem ser empregadas na construção civil.

Para o emprego do material estudado em outras finalidades deve ocorrer a remoção de ferro e alumínio (indústria de vasilhame) e alumínio (fundição) na maior parte das frações areia analisada, exceto para as amostras Ap2 e Ap11, cujo teor de TiO₂ ultrapassa o teor das especificações e é de difícil remoção, impossibilitando que estas amostras sejam utilizadas nas indústrias de vasilhame e de fundição.

As análises químicas revelaram também que a matéria prima estudada se enquadra na maioria dos requisitos utilizados pela indústria de fabricação de vidro, ou seja, apresenta baixas concentrações dos elementos tóxicos como extremamente contaminantes, tais como titânio, magnésio, manganês, cromo, potássio, sódio e cálcio. O único fator a ser observado pela indústria de vidro é a presença de argila e de minerais pesados nos quais estão concentrados elementos contaminantes tais como ferro e alumínio. Este problema pode ser facilmente resolvido com um tratamento prévio do material para remoção de argila através de processo de peneiramento a úmido além de processos de flotação e/ou separação magnética para remoção de minerais pesados.

CONCLUSÕES

Considerando que o objetivo primeiro deste trabalho visava encontrar meios alternativos para compensar a decadência econômica imposta ao município de Poxoréu, desde que a atividade garimpeira entrou em declínio, a análise dos rejeitos provenientes de antigos garimpos da região permitiu identificar a possibilidade de novas frentes de trabalho na área.

Desta forma, os estudos granulométricos sugeriram que a maioria das amostras pode ser utilizada tanto para a indústria de fundição, devido à alta esfericidade dos grãos, concentrado nas frações maiores, assim como para a fabricação de vidro, nas frações menores de baixa esfericidade, tendo em vista a maior facilidade da fusão se iniciar nas arestas dos grãos.

Os resultados geoquímicos mostraram que todas as amostras podem ser utilizadas pela indústria de construção civil, tomando por base as especificações brasileiras para esse fim, e sem que sejam necessários tratamentos especiais além de peneiramento. Com exceção das amostras Ap2 e Ap11, cujo teor de TiO₂ ultrapassa o teor das especificações da ABNT e é de difícil remoção, as demais podem ser utilizadas nas indústrias de vasilhame e fundição, após serem submetidas a tratamento para remoção de ferro e alumínio. Outra aplicação das areias analisadas seria para uso na indústria de vidro, uma vez que apresentaram baixas concentrações de titânio,

magnésio, manganês, cromo, potássio, sódio e cálcio, precisando para isso apenas passarem por processo de remoção dos argilominerais através de peneiramento, separação magnética de alta intensidade e/ou flotação.

Estudos futuros na área devem englobar a utilização das frações mais grossas na fabricação de semi-jóias e peças ornamentais, bem como a viabilização de cooperativas voltadas para estes fins, uma vez que estes seriam trabalhos artesanais de baixa produção, além de pesquisas voltadas à prospecção de ouro, cuja presença deste metal foi detectada nas análises químicas na maioria das amostras.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi parcialmente apoiada pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e FAPEMAT - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (Processo 004.010/2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502** “Terminologia de rochas e solos”. Rio de Janeiro, 1980.
2. AZEVEDO, P.B.M. & RUIZ, M.S. Perfil 3 – Areia, Quartzo e Quartzito Industrial. In: RUIZ, M.S. (Org.), **Mercado Produtor Mineral do Estado de São Paulo – levantamento e análise**. São Paulo, IPT, v. 1, p. 49-58, 1990.
3. BARBOSA, M.I.M. & PHORPHÍRIO, N.H. **Projeto caracterização tecnológica de lascas de quartzo**. Centro de Tecnologia Mineral/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Relatório Técnico, 106 p., 1993.
4. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. **Mapa Geológico de Mato Grosso, escala 1:1.000.000**. Brasília, CPRM, 2004.
5. FERREIRA, G.C. & DAITX, E.C. Características e especificações da areia industrial. **Geociências**, v. 19, n. 2, p. 235-242, 2000.
6. FERREIRA, G.C. & DAITX, E.C. A mineração de areia industrial na região sul do Brasil. **REM - Revista Escola de Minas**, v. 56, n. 1, p. 59-65, 2003.
7. HARBEN, P.W. & KUZVART, M. Silica. In: HARBEN, P.W. & KUZVART, M. (Coords.), **Industrial Minerals – A Global Geology**. London: Industrial Minerals Information Ltd., Metal Bulletin, PLC, p. 352-364, 1996.
8. LUZ, A.B. DA & LINS, F.F. Areia Industrial. In: LUZ, A.B. DA & LINS, F.F. (Eds.), **Rochas & Minerais Industriais**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, v. 1, p. 107-126, 2005.
9. NAVA, N. Geologia das Areias Industriais. In: SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E.T.; COELHO, C.E. da S. (Coords.), **Principais Depósitos Minerais do Brasil - Rochas e Minerais Industriais**, Parte C, Cap. 25. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, v. IV, p. 325-331, 1997.
10. SOUZA, N.B. (1991) Depósitos Diamantíferos de Poxoreó, MT. In: SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E.T.; COELHO, C.E. da S. (Coords.), **Principais Depósitos Minerais do Brasil - Gemas e Pedras Ornamentais**, Parte A, Cap. VII. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral/Serviço Geológico do Brasil PRM, v. IV, p. 149-154, 1997.
11. USGS – US GEOLOGICAL SURVEY. 2004. **Mineral Commodity Summaries**. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/mineralspubs/mcs>. Acessado em 20fev2010.
12. ZDUNCZYK, M.J & LINKOUS, M.A. Industrial Sand and Sandstone. In: CAR D.D. (Ed.), **Industrial Minerals and Rocks**. 6th Edition. Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgical and Exploration Inc., part 2, p. 897-891, 1994.

*Manuscrito Recebido em: 20 de maio de 2010
Revisado e Aceito em: 28 de março de 2011*